

Rec'd PCT/PTO 07 JUL 2004

CT/JP03/14208

03.12.03

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

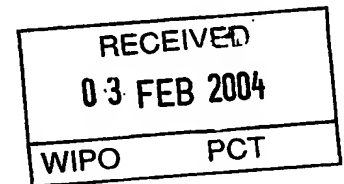
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 2 年 1 1 月    8 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 2 - 3 2 5 7 8 9  
Application Number:

[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 2 - 3 2 5 7 8 9 ]

出    願    人            シチズン時計株式会社  
Applicant(s):

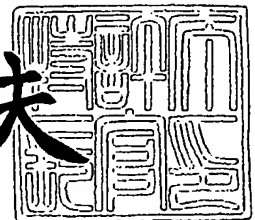


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年    1 月 1 5 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 1 1 1 8, 4 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 1024778

【提出日】 平成14年11月 8日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 G11B 7/135

【発明の名称】 液晶光学素子及び光学装置

【請求項の数】 19

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都西東京市田無町六丁目 1 番 1 2 号 シチズン時計株式会社内

    【氏名】 橋本 信幸

【特許出願人】

    【識別番号】 000001960

    【氏名又は名称】 シチズン時計株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100077517

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 石田 敬

    【電話番号】 03-5470-1900

【選任した代理人】

    【識別番号】 100092624

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 鶴田 準一

【選任した代理人】

    【識別番号】 100114018

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 南山 知広

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100082898

【弁理士】

【氏名又は名称】 西山 雅也

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100081330

【弁理士】

【氏名又は名称】 樋口 外治

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036135

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0214955

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 液晶光学素子及び光学装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入射光ビームの波面収差を補正するための液晶光学素子であって、

第 1 の透明基板と、

第 2 の透明基板と、

前記第 1 及び第 2 の透明基板の間に封入された液晶と、

前記第 1 又は第 2 の透明基板の少なくとも一方の表面に形成された波面収差補正用の電極であって、前記入射光ビームの位相を進ませるための第 1 の領域及び前記入射光ビームの位相を遅らせるための第 2 の領域を有し、

前記電極における第 1 及び第 2 の領域が、前記入射光ビームの有効径の内側領域にのみ配置されていることを特徴とする液晶光学素子。

【請求項 2】 前記電極は、前記入射光ビームの位相を実質的に変更しない第 3 の領域を有する請求項 1 に記載の液晶光学素子。

【請求項 3】 前記入射光ビームの有効径の内側に、ただ一つの前記第 1 の領域と、ただ一つの前記第 2 の領域が配置されている請求項 1 又は 2 に記載の液晶光学素子。

【請求項 4】 前記入射光ビームの有効径の内側に、2箇所の前記第 1 の領域と、2箇所の前記第 2 の領域が配置されている請求項 1 又は 2 に記載の液晶光学素子。

【請求項 5】 前記電極における第 1 及び第 2 の領域が、前記入射光ビームの有効径から  $50\ \mu\text{m}$  ～  $300\ \mu\text{m}$  の内側領域にのみ配置されている請求項 1 ～ 4 の何れか一項に記載の液晶光学素子。

【請求項 6】 前記電極における第 1 及び第 2 の領域が、前記入射光ビームの収差補正後の残存位相収差が  $\lambda/4$  以下になるように、前記入射光ビームの有効径の内側領域のみに配置されている請求項 1 ～ 5 の何れか一項に記載の液晶光学素子。

【請求項 7】 前記電極における第 1 及び第 2 の領域が、前記入射光ビーム

の収差補正後の残存位相収差が $\lambda/14$ 以下になるように、前記入射光ビームの有効径の内側領域のみに配置されている請求項 1～5 の何れか一項に記載の液晶光学素子。

【請求項 8】 さらに、前記第 1 又は第 2 の透明基板の他の一方の表面上に形成された球面収差補正用の電極を有する請求項 1～7 の何れか一項に記載の液晶光学素子。

【請求項 9】 さらに、前記第 1 又は第 2 の透明基板の他の一方の表面上に形成された非点隔差補正用の電極を有する請求項 1～7 の何れか一項に記載の液晶光学素子。

【請求項 10】 記録媒体へ光ビームを集光するための光学装置であって、  
光源と、  
前記光源からの光ビームを前記記録媒体へ集光するための対物レンズと、  
前記対物レンズと別体に構成され、前記記録媒体から反射した光ビームを入射し、前記記録媒体の傾斜に伴う前記入射光ビームの波面収差を補正するための液晶光学素子とを有し、  
前記液晶光学素子は、  
第 1 の透明基板と、  
第 2 の透明基板と、  
前記第 1 及び第 2 の透明基板の間に封入された液晶と、  
前記第 1 又は第 2 の透明基板の一方の表面上に形成された波面収差補正用の電極であって、前記入射光ビームの位相を進ませるための第 1 の領域及び前記入射光ビームの位相を遅らせるための第 2 の領域を有し、  
前記電極における第 1 及び第 2 の領域が、前記入射光ビームの有効径の内側領域にのみ配置されていることを特徴とする光学装置。

【請求項 11】 さらに、前記対物レンズを前記対物レンズの軸ずれを補正するために移動させるトラッキング手段を有する請求項 10 に記載の光学装置。

【請求項 12】 前記電極は、前記入射光ビームの位相を実質的に変更しない第 3 の領域を有する請求項 10 又は 11 に記載の光学装置。

【請求項 13】 前記入射光ビームの有効径の内側に、ただ一つの前記第 1

の領域と、ただ一つの前記第2の領域が配置されている請求項10～12の何れか一項に記載の光学装置。

【請求項14】 前記入射光ビームの有効径の内側に、2箇所の前記第1の領域と、2箇所の前記第2の領域が配置されている請求項10～13に記載の光学装置。

【請求項15】 前記電極における第1及び第2の領域が、前記入射光ビームの有効径から $50\mu\text{m}$ ～ $300\mu\text{m}$ の内側領域にのみ配置されている請求項10～14の何れか一項に記載の光学装置。

【請求項16】 前記電極における第1及び第2の領域が、前記入射光ビームの収差補正後の残存位相収差が $\lambda/4$ 以下になるように、前記入射光ビームの有効径の内側領域のみに配置されている請求項10～15の何れか一項に記載の光学装置。

【請求項17】 前記電極における第1及び第2の領域が、前記入射光ビームの収差補正後の残存位相収差が $\lambda/14$ 以下になるように、前記入射光ビームの有効径の内側領域のみに配置されている請求項10～15の何れか一項に記載の光学装置。

【請求項18】 前記液晶光学素子が、前記第1又は第2の透明基板の他の一方の表面上に形成された球面収差補正用の電極を有する請求項10～17の何れか一項に記載の光学装置。

【請求項19】 前記液晶光学素子が、前記第1又は第2の透明基板の他の一方の表面上に形成された非点隔差補正用の電極を有する請求項10～17の何れか一項に記載の光学装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、位相変調用の液晶光学素子及びこれを用いた光学装置に関するものであり、特にレーザ光等の干渉性の高い光ビーム（高干渉性光）の波面収差を補正するための液晶光学素子及びこれを用いた光学装置に関するものである。

##### 【0002】

**【従来の技術】**

コンパクトディスク（CD）やデジタルビデオディスク（DVD）等の記録媒体への読取り又は書込みを行う光ピックアップ装置では、図12（a）に示すように、半導体光ビーム源1からの光ビームをコリメータレンズ2によってほぼ平行光に変換し、対物レンズ3によって記録媒体4へ集光させ、記録媒体4からの反射光ビームを受光して情報信号を発生させている。このような光ピックアップ装置では、記録媒体の読取り又は書込みを行う際には、対物レンズ3によって集光された光ビームを正確に記録媒体4のトラック上に追従させる必要がある。しかしながら、記録媒体4のそり又は曲がり、記録媒体4の駆動機構の欠陥等によって、記録媒体4に傾きが生じる場合がある。このように、対物レンズ3によって集光された光ビームの光軸が記録媒体4のトラックに対して傾くことによって、記録媒体4の基板内には、波面収差が生じるため、対物レンズ3の入射瞳位置（液晶光学素子5の挿入位置）で換算すると、図12（b）に示すような波面収差（主としてコマ収差）20を生じ、記録媒体4からの反射光ビームに基づいて発生される情報信号を劣化させる原因となる。

**【0003】**

そこで、図13に示すように、コリメータレンズ2と対物レンズ3との間に液晶光学素子5を配置し、記録媒体4の傾きから生じる波面収差を補正させる試みがある（例えば、特許文献1参照）。このような液晶光学素子5では、液晶に生じる電位差に応じて液晶の配向性が変化することを利用し、液晶を通過する光ビームの位相を変化させ、それによって波面収差を相殺しようとするものである。

**【0004】**

このような波面収差補正用の液晶光学素子5に印加される電圧に応じて、液晶に位相分布を生じさせるための透明電極パターン30の一部を図14（a）に示す。図14（a）では、液晶光学素子5に入射される光ビームの有効径10とはほぼ同じ大きさの領域内に、位相を進ませるための2つの領域32及び33、位相を遅らせるための2つの領域34及び35を有している。また、図中31は、基準電位を印加するための領域である。

**【0005】**

領域 32 及び 33 に対して正 (+) の電圧を印加すると、透明共通電極（図示していない）との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、一般的な P 型液晶の場合、この部分を通過する光ビームは、その位相を進められるような作用を受ける。領域 34 及び 35 に対して負 (-) の電圧を印加すると、透明共通電極（図示していない）との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、一般的な P 型液晶の場合、この部分を通過する光ビームは、その位相を遅らせるような作用を受ける。領域 31 には、基準電位（例えばこの場合は 0 v と考える）が印加される。透明電極パターン 30 へは、配線 6（図 13 参照）を通じて電圧が印加されている。

#### 【0006】

図 14 (b) に、X 軸上において各領域に印加される電圧 21 を示す。このような電圧が透明電極パターン 30 に印加されることによって、波面収差 20 が補正される。図 14 (c) に、補正後の波面収差 22 を示す。図 14 (c) に示されるように、液晶光学素子 5 を用いることで、記録媒体 4 の基板内に生じる波面収差が抑制されるように補正される。

#### 【0007】

しかしながら、前述した記録媒体 4 が傾く問題の他に、記録媒体 4 のトラックと対物レンズ 3 の光軸とがずれる（光軸ずれ）問題も発生する。そこで、図 13 に示すように、対物レンズ 3 の光軸を記録媒体 4 のトラックに追従させるために、トラッキング用のアクチュエータ 7 が対物レンズ 3 に取付けられる。また、アクチュエータ 7 は、電力を供給するための配線 8 を有している。アクチュエータ 7 が、図中の矢印 A の方向に対物レンズ 3 を移動させることによって、対物レンズ 3 によって集光される光ビームが正確に記録媒体 4 のトラックに追従するように補正される（図 13 において、光ビーム 11 が、光ビーム 12 へ補正される）。

#### 【0008】

しかしながら、アクチュエータ 7 が、対物レンズ 3 を移動させてしまうと、液晶光学素子 5 と対物レンズ 3 との位置関係が変化してしまう。また、液晶光学素



子 5 に形成されている位相変調用の透明電極パターン 30 (図 14 (a) 参照) は、光ピックアップ装置の有効径 10 と一致するように設計されている。即ち、液晶光学素子 5 は、対物レンズ 3 及び液晶光学素子 5 が、光軸に対して正確に一致した状態でのみ、記録媒体 4 の基板内に生じる波面収差を理想的に補正できるように設計されている。したがって、液晶光学素子 5 と対物レンズ 3 との位置関係が変化した状態で、記録媒体 4 に傾きが生じると、液晶光学素子 5 では、十分に波面収差を補正することができない。

#### 【0009】

そこで、図 15 に示すように、対物レンズ 3 と位相変調用の液晶光学素子 5 とを一体的に取付け、同一のアクチュエータ 7 によって、一体的に移動させる試みがある (例えば、特許文献 2 参照)。

#### 【0010】

##### 【特許文献 1】

特開 2001-143303 号公報 (第 3 頁、第 1 図)

##### 【特許文献 2】

特開 2000-215505 号公報 (第 2 頁、第 1 図)

#### 【0011】

##### 【発明が解決しようとする課題】

このように、対物レンズ 3 と位相変調用の液晶光学素子 5 とを一体的に取付け、同一のアクチュエータ 7 によって、一体的に移動させようとする以下のような不具合が生じる。

#### 【0012】

第 1 に、位相変調用の液晶光学素子 5 を一体的に取付けることによって、アクチュエータ 7 にかかる重量が増してしまう。また、アクチュエータ 7 は、数 ms という極めて早い速度で、対物レンズ 3 を移動する必要があるが、液晶光学素子 5 の重量分が加算されることによって、対物レンズ 3 を記録媒体 4 のトラックに追従させる機能が低下してしまう。第 2 に、液晶光学素子 5 には、液晶光学素子 5 を駆動させるための配線 6 が必要であるが、この配線 6 によってバネ乗数が増加し、一体化された対物レンズ 3 と液晶光学素子 5 を動作するための制御が複雑

になってしまう。特に、配線 6 が引っかけり、対物レンズ 3 のトラッキングを妨害する場合も考えられる。

#### 【0013】

そこで、本発明は、対物レンズと別体に設けることができる位相変調用の液晶光学素子及びそのような液晶光学素子を用いた光学装置を提供することを目的とする。

#### 【0014】

また、本発明は、トラッキングによる対物レンズの移動に拘わらず、良好に波面収差の補正を行うことができる液晶光学素子及びそのような液晶光学素子を用いた光学装置を提供することを目的とする。

#### 【0015】

さらに、トラッキング性能を損なうことなく、安価に製造することができる位相変調用の液晶光学素子及びそのような液晶光学素子を用いた光学装置を提供することを目的とする。

#### 【0016】

##### 【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、本発明に係る液晶光学素子は、第 1 の透明基板と、第 2 の透明基板と、第 1 及び第 2 の透明基板の間に封入された液晶と、第 1 又は第 2 の透明基板の一方の表面に形成された波面収差補正用の電極であって入射光ビームの位相を進ませるための第 1 の領域及び入射光ビームの位相を遅らせるための第 2 の領域を有し、電極における第 1 及び第 2 の領域が入射光ビームの有効径の内側領域にのみ配置されていることを特徴とする。

#### 【0017】

また、上記の目的を達成するために、本発明に係る光学装置は、光源と、光源からの光ビームを記録媒体へ集光するための対物レンズと、対物レンズと別体に構成され、記録媒体から反射した光ビームを入射し、記録媒体の傾斜に伴う入射光ビームの波面収差を補正するための液晶光学素子とを有し、液晶光学素子は、第 1 の透明基板と、第 2 の透明基板と、第 1 及び第 2 の透明基板の間に封入された液晶と、第 1 又は第 2 の透明基板の一方の表面上に形成された波面収差補正用

の電極であって入射光ビームの位相を進ませるための第1の領域及び入射光ビームの位相を遅らせるための第2の領域を有し、電極における第1及び第2の領域が入射光ビームの有効径の内側領域にのみ配置されていることを特徴とする。

#### 【0018】

有効径の内側領域にのみ位相変調用の透明電極パターンを設けることによって、トラッキングによる対物レンズの移動に拘わらず、透明電極パターン内に光ビーム径を捕らえることができるので、良好な波面収差の補正が可能となった。

#### 【0019】

また、本発明に係る液晶光学素子及び光学装置は、電極が、入射光ビームの位相を実質的に変更しない基準電位を与える第3の領域を有することが好ましい。

#### 【0020】

また、本発明に係る液晶光学素子及び光学装置は、入射光ビームの有効径の内側に、ただ一つの第1の領域と、ただ一つの第2の領域が配置されていることが好ましい。位相変調用の透明電極パターンを少なくすることができたので、配線等を少なくすることが可能となり、安価に製造することが可能となった。

#### 【0021】

また、本発明に係る液晶光学素子及び光学装置は、入射光ビームの有効径の内側に、2箇所の第1の領域と、2箇所の第2の領域が配置されていることが好ましい。

#### 【0022】

また、本発明に係る液晶光学素子及び光学装置は、電極における第1及び第2の領域が、入射光ビームの有効径から $50\mu\text{m}$ ～ $300\mu\text{m}$ の内側領域にのみ配置されていることが好ましい。

#### 【0023】

また、本発明に係る液晶光学素子及び光学装置は、電極における第1及び第2の領域が、入射光ビームの収差補正後の残存位相収差が $\lambda/4$ 以下になるように、入射光ビームの有効径の内側領域のみに配置されていることが好ましく、入射光ビームの収差補正後の残存位相収差が $\lambda/14$ 以下になるように、入射光ビームの有効径の内側領域のみに配置されていることがさらに好ましく、また入射光

ビームの収差補正後の残存位相収差が  $3.3\text{ m}\lambda$  以下となるように、入射光ビームの有効径の内側領域のみに配置されていることが好ましい。内側領域を小さく設定すれば、軸ずれが生じて内側領域は有効径の中に留まるので、軸ずれに拘わらず波面収差の補正を行うことが可能となる。しかしながら、あまりに内側領域を小さく設定しすぎると、残存波面収差が大きくなってしまうので、その条件を定めたものである。

#### 【0024】

また、本発明に係る液晶光学素子及び光学装置は、第1又は第2の透明基板の他の一方の表面上に形成された球面収差補正用の電極又は非点隔差補正用の電極を有することが好ましい。

#### 【0025】

また、本発明に係る光学装置では、さらに、対物レンズの軸ずれを補正するために移動させるトラッキング手段を有することが好ましい。

#### 【0026】

##### 【発明の実施の形態】

本発明に係る液晶光学素子を用いた光学装置の一実施形態を図1に示す。図1において、半導体光ビーム源1から出射された光ビームは、コリメータレンズ2によって、有効径10を有するほぼ平行光に変換され、偏光ビームスプリッタ60を通過した後、液晶光学素子50に入射する。液晶光学素子50を通過した光ビームは、1/4波長板64を通過して、対物レンズ3により（DVD等の）記録媒体4に集光される。液晶光学素子50は、後述するように、記録媒体4の基板内に発生する波面収差を抑制するように補正する。なお、光ビームの波長は、DVDの場合650nm、CDの場合780nmであり、共に±20nmの誤差が生じる可能性がある。又次世代の青色レーザの波長は405nmであり、主にDVDに利用される。本発明は特にDVDに対して有効であり、特に次世代の青色レーザを用いた場合には効果が大きい。

#### 【0027】

「有効径」とは、光ビームに位置ずれや径の変化のないとした場合の、対物レンズ3で有効に利用される幾何光学設計上の液晶光学素子上での主光ビーム径を

言う。本実施形態では、対物レンズ 3 の開口率 NA は 0.65、有効径 ( $\phi$ ) は 3 mm に設定されている。

#### 【0028】

対物レンズ 3 には、トラッキング用のアクチュエータ 7 が取付けられており、図中の矢印 A の方向に対物レンズ 3 を移動することによって、対物レンズによって集光される光ビームが、記録媒体 4 のトラックに正確に追従するように構成されている（例えば、光ビーム 11 が光ビーム 12 に補正される）。アクチュエータ 7 には、駆動のための配線 8 が取付けされており、液晶光学素子 50 には後述する透明電極パターンを駆動するための配線 6 が取付けされている。

#### 【0029】

また、記録媒体 4 から反射された光ビームは、再び対物レンズ 3、1/4 波長板 64 及び液晶光学素子 50 を経て、偏光ビームスプリッタ 60 により光路を変更されて、集光レンズ 61 を介して受光器 62 に集光される。光ビームは、記録媒体 4 により反射される際に、記録媒体 4 のトラック面上に記録されている情報によって振幅変調され、受光器 62 により光強度信号として出力される。この光強度信号（再生信号）から記録情報が読み出される。

#### 【0030】

液晶光学素子制御回路 63 は、受光器 62 からの光強度信号を利用して、記録媒体 4 の基板内に生じる波面収差（主としてコマ収差）を検出し、検出した波面収差を相殺するように、液晶光学素子 50 の透明電極パターンに電圧を印加する。このような制御によって、光強度信号の強度が適正になるように波面収差が補正される。

#### 【0031】

図 2 に、図 1 に示された液晶光学素子 50 の断面図を示す。図 2 の矢印の示す方向は、図 1 において光ビーム源 1 から出た光ビームが偏光ビームスプリッタ 60 を通過した後、液晶光学素子 50 に入射する方向を示している。図 2 において、光ビーム源側の透明基板 51 には、波面収差補正用の透明電極 30 及び配向膜 52 が形成されている。また、記録媒体 4 側の透明基板 55 には、透明性対向電極 40 及び配向膜 54 が形成されている。液晶 56 は、2 枚の透明基板 51 及び

55と、シール部材53との間に封入されている。図2に示される各要素は、説明の便宜上、誇張して図示されており、実際の厚さの比と異なる場合がある。

#### 【0032】

図3(a)に、図1及び2に示された液晶光学素子50の透明電極30における、波面収差補正用の透明電極パターンを示す。図3(a)に示されるように、液晶光学素子50に入射される光ビームの有効径10から50 $\mu$ mの内側に入った内側領域18に、位相を進ませるための2つの領域32及び33、及び位相を遅らせるための2つの領域34及び35が配置されている。また、図中31は、基準電位を印加するための領域である。

#### 【0033】

ここで、内側領域とは、有効径10から何 $\mu$ m内側に入った領域にのみ収差補正用の電極パターンを設けたかを表している。

#### 【0034】

領域32及び33に対して正(+)の電圧を印加すると、透明性対向電極40との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、この部分を通過する光ビームは、その位相を進められるような作用を受ける。また、領域34及び35に対して負(-)の電圧を印加すると、透明共通電極(図示していない)との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、この部分を通過する光ビームは、その位相を遅らせるような作用を受ける。領域3-1には、基準電位(例えばこの場合は0Vと考える)が印加される。透明電極30の波面収差補正用の電極パターンへは、前述した液晶光学素子制御回路63から配線6(図1参照)によって電圧が印加されている。

#### 【0035】

図3(b)に、X軸上において各領域に印加される電圧23を示す。このような電圧が内側領域18の透明電極30の各領域31～35(透明電極パターン)に印加されることによって、記録媒体4が光軸に対して傾くことによって発生する波面収差20を打ち消すように働く。

#### 【0036】

図 3 (c) に、補正後の波面収差 2 4 を示す。図 3 (b) の波面収差 2 0 が図 3 (c) の補正後の波面収差 2 4 となり、液晶光学素子 5 0 を用いることで、記録媒体 4 の基板内に発生する波面収差が抑制されるように補正されていることが理解される。

#### 【0037】

ここで、有効径 1 0 と内側領域 1 8 の透明電極 3 0 の各領域 3 1 ~ 3 5 (透明電極パターン) の中心が合致している場合 (軸ずれが発生していない場合) における補正後の波面収差 (残存波面収差) は、レイリーの 4 分の 1 波長の法則 (Rayleigh' s quarter wavelength rule) より、半導体光ビーム源 1 の波長の  $1/4$  以下であることが好ましい。この条件を満たすことにより、レイリーの議論に従えば、基板内に発生する波面収差による光の損失は普通許容されることと考えられるからである。

#### 【0038】

また、有効径 1 0 と内側領域 1 8 の透明電極 3 0 の各領域 3 1 ~ 3 5 (透明電極パターン) の中心が合致している場合 (軸ずれが発生していない場合) における補正後の波面収差 (残存波面収差) は、マーシャル (Marechal) の評価に従い、半導体光ビーム源 1 の波長の  $1/14$  以下であることが好ましい。マーシャルは、波面と回折焦点に中心を持つ参照球面とのずれの標準偏差が  $\lambda/14$  以下になることが、特定の系において収差が十分に小さいことと等価であることとした。この条件を満たすことにより、マーシャルの議論に従えば、基板内に発生する波面収差は十分に小さいと考えられるからである。

#### 【0039】

さらに、有効径 1 0 と内側領域 1 8 の透明電極 3 0 の各領域 3 1 ~ 3 5 (透明電極パターン) の中心が合致している場合 (軸ずれが発生していない場合) における補正後の波面収差 (残存波面収差) は、記録媒体が DVD である場合には、 $33m\lambda$  以下であることが好ましい。DVD 評価器における評価基準 ( $33m\lambda$ ) をクリアすることが必要と考えられるからである。

#### 【0040】

内側領域を小さく設定すれば、軸ずれが生じて内側領域は有効径の中に留ま

るので、軸ずれに拘わらず波面収差の補正を行うことが可能となる。しかしながら、あまりに内側領域を小さく設定しすぎると、残存波面収差が大きくなってしまうので、上記の例は、その条件を定めたものである。

#### 【0041】

図4(a)に本発明に係わる他の液晶光学素子の透明電極30における、波面収差補正用の透明電極パターンを示しており、有効径10の近傍の電極パターンを示す。図4(a)では、液晶光学素子50に入射される光ビームの有効径10から内側300 $\mu$ mの内側領域18に、位相を進ませるための1つの領域32、及び位相を遅らせるための1つの領域34を有している。また、図中31は、基準電位を印加するための領域である。

#### 【0042】

領域32に対して正(+)の電圧を印加すると、透明共通電極(図示していない)との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、この部分を通過する光ビームは、その位相を進められるような作用を受ける。また、領域34に対して負(-)の電圧を印加すると、透明共通電極(図示していない)との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、この部分を通過する光ビームは、その位相を遅らせるような作用を受ける。領域31には、基準電位(例えばこの場合は0vと考える)が印加される。透明電極パターン30へは、前述した液晶光学素子制御回路63から配線6(図1参照)によって電圧が印加されている。

#### 【0043】

図4(b)に、X軸上において各領域に印加される電圧25を示す。このような電圧が透明電極30の各領域31、32及び34(透明電極パターン)に印加されることによって、記録媒体4が光軸に対して傾くことによって発生する波面収差20を打ち消すように働く。図4(c)に、補正後の波面収差26を示す。図4(b)の波面収差20が図4(c)の補正後の波面収差26となり、記録媒体4の基板内に発生する波面収差が抑制されるように補正されていることが理解される。

#### 【0044】



ここで、図14(a)に示すような有効径10の内側全体に渡って位相を進ませる領域及び位相を遅らせる領域が形成されている場合と、図3(a)又は図4(a)に示すように有効径10の内側領域18のみに位相を進ませる領域及び位相を遅らせる領域が形成されている場合の差異について説明する。

#### 【0045】

図14(a)の場合の収差補正は、図5(a)に示すように、有効径10の範囲内の全ての領域で光ビームを捉えて補正を行なおうとしていることに匹敵する。しかしながら、対物レンズ3がアクチュエータ7によって移動されると、光ビームが有効径10の範囲内からずれてしまい(図5(b)参照)、効果的に収差補正をすることができない。

#### 【0046】

これに対して、図3(a)の場合の収差補正は、図6(a)に示すように、有効径10から50 $\mu$ mの内側領域の範囲内でのみで光ビームを捉えようとしていることに匹敵する。この場合に、対物レンズ3がアクチュエータ7によって移動されると、光ビームは、有効径10から50 $\mu$ mの内側領域の範囲内からはずれが、依然有効径10の範囲内に留まる(図6(b)参照)。したがって、光軸の中心に光ビームを捉えている場合(図6(a)参照)に比べると若干程度は落ちるが、十分に収差補正が行われることとなる。

#### 【0047】

即ち、従来の有効径10の範囲内全てに位相を進ませる領域及び位相を遅らせる領域を設けずに、有効径10の内側領域18のみに位相を進ませる領域及び位相を遅らせる領域を設けたので、対物レンズがトラッキングのためにアクチュエータによって移動してしまっても、有効に収差補正を行えるようになったものである。

#### 【0048】

以下の表に、収差補正用の電極パターンを設ける内側領域及び対物レンズのトラッキングによる移動量(=軸ずれ量)と、反射光ビームに基づいて発生される再生信号の劣化(主に信号のジッタ)との関係を示す。また、再生信号の劣化は、A~Dの4段階で示しており、Aは最良の状態、Bは良の状態、Cは再生信号

として使用可能な状態、Dは再生信号として使用することができない状態を表している。なお、以下の表を作成するに際しては、有効径から  $0\ \mu\text{m}$ 、 $50\ \mu\text{m}$ 、 $100\ \mu\text{m}$ 、 $150\ \mu\text{m}$ 、 $200\ \mu\text{m}$ 、 $250\ \mu\text{m}$ 、 $300\ \mu\text{m}$  及び  $350\ \mu\text{m}$  の内側領域のみに位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域を作成した液晶光学素子を作成し、液晶光学素子と対物レンズとの光軸を  $0\ \mu\text{m}$ 、 $50\ \mu\text{m}$ 、 $100\ \mu\text{m}$ 、 $150\ \mu\text{m}$ 、 $200\ \mu\text{m}$  ずらして再生信号のジッタ量を測定した。光学装置は、図1と同じ構成とし、有効径 ( $\phi$ )  $3\ \text{mm}$ 、対物レンズの開口数 (NA) を  $0.65$  とした。

【0049】

【表1】

		軸ずれ量 ( $\mu\text{m}$ )				
		0	50	100	150	200
内側領域 ( $\mu\text{m}$ )	0	A	C	D	D	D
	50	A	B	C	D	D
	100	B	B	B	C	D
	150	B	B	B	B	C
	200	B	B	B	B	B
	250	B	B	B	B	B
	300	B	B	B	C	C
	350	C	D	D	D	D

【0050】

表から理解されるように、 $0\ \mu\text{m} \sim 200\ \mu\text{m}$  の軸ずれ量が発生しても、有効径から  $50\ \mu\text{m} \sim 300\ \mu\text{m}$  の内側領域にのみ位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域が設けられている液晶光学素子では、良好な波面収差補正を行うことが可能となり、その結果再生信号のジッタ量が抑制されて、使用可能な状態となっている。なお、有効径から  $50\ \mu\text{m}$  の内側領域にのみ位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域を設けた例は、図3 (a) に相当し、有効径から  $300\ \mu\text{m}$  の内側領域にのみ位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域を設けた例は、図4 (a)

)に相当する。

#### 【0051】

これに対して、有効径から  $0\ \mu\text{m}$  の内側領域にのみ（即ち、有効径  $10$  全体に）位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域を設けた液晶光学素子（即ち、図 14（a）に示される従来の液晶光学素子）では、軸ずれ量が  $100\ \mu\text{m}$  以上発生すると、適正な収差補正を行うことができず、その結果再生信号のジッタ量が増加して、使用不可能な状態となる。

#### 【0052】

また、有効径から  $350\ \mu\text{m}$  の内側領域にのみ位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域を設けた場合も、軸ずれ量が  $50\ \mu\text{m}$  以上発生すると、適正な波面収差補正を行うことができず、その結果再生信号のジッタ量が増加して、使用不可能な状態となっている。これは、位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域が小さくなりすぎて、逆に適切な収差補正が行えなくなっているものと考えられる。

#### 【0053】

このように、有効径から  $50\ \mu\text{m} \sim 300\ \mu\text{m}$  の内側領域にのみ位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域を設けた液晶光学素子を用いることによって、対物レンズのトラッキングのための移動による軸ずれが発生しても、良好に収差補正を行うことが可能となる。

#### 【0054】

なお、光学装置の仕様に応じて位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域を設ける内側領域を設定することもできる。例えば、トラッキングによる軸ずれが  $100\ \mu\text{m}$  以内と予めわかっている場合には、有効径から  $50 \sim 100\ \mu\text{m}$  の内側領域を設定すれば良い。またトラッキングによる軸ずれが大きい場合には、その仕様に合わせて内側領域を設定すれば良い。

#### 【0055】

図 7 及び図 8 を用いて、軸ずれが発生した場合の収差補正についてさらに説明する。図 7 は、図 4（a）に示す本発明に係る液晶光学素子を用いた場合であり、図 8 は、図 14（a）に示す従来の液晶光学素子を用いた場合である。図 7（a）及び図 8（a）は、軸ずれが無い場合（図 4（b）及び図 14（b）と同じ

)、図7(b)及び図8(b)は $50\mu\text{m}$ の軸ずれが発生した場合、図7(c)及び図8(c)は $100\mu\text{m}$ の軸ずれが発生した場合をそれぞれ示している。

#### 【0056】

図7(b)及び(c)に示すように、有効径の中心からそれぞれ $50\mu\text{m}$ 及び $100\mu\text{m}$ の軸ずれが生じて、液晶光学素子の内側領域18に形成されている位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域に印加される電圧波形26及び27の形状は、有効径内で、軸ずれが生じていない図7(a)と比べて変化していない。したがって、正常に収差を補正することが可能になる。

#### 【0057】

これに対して、図8(b)では、液晶光学素子の有効径内の全体に渡って位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域が形成されているので、それに印加される電圧波形28は、 $50\mu\text{m}$ の軸ずれが発生した場合に、有効径内で、軸ずれが生じていない図8(a)と比べると、点線部分が欠落することによって、僅かながら変化してしまう。液晶光学素子に形成されている位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域に印加される電圧波形の全体形状に応じて、収差が補正されていると考えられるので、この波形が僅かでも変化すると、収差補正機能に多少影響が生じてしまう。したがって、表において、内側領域 $0\mu\text{m}$ の場合、軸ずれ $0\mu\text{m}$ の場合には再生信号の劣化はAであるが、軸ずれ $50\mu\text{m}$ の場合には、電圧波形28が僅かに変化する為(点線部分が欠落)Cとなっている。

#### 【0058】

さらに、図8(c)では、液晶光学素子に形成されている位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域に印加される電圧波形29は、 $100\mu\text{m}$ の軸ずれが発生した場合に、有効径内で、軸ずれが生じていない図8(a)と比べると大巾に変化してしまい、収差補正機能に大きな影響が生じてしまう。したがって、表において、内側領域 $0\mu\text{m}$ の場合、軸ずれ $0\mu\text{m}$ の場合にはAであるが、軸ずれ $100\mu\text{m}$ の場合にはDとなっている。

#### 【0059】

図9(a)に、球面収差補正用の電極パターンの一例を示す。図9(a)では、有効径10の範囲内に9つの同心円状の電極パターン41～49が設けられて

いる。各領域には、図 9 (b) に示すような電位差 27 が印加されている。図 9 (a) に示すような電極パターンに図 9 (b) に示すような電位差が印加された液晶光学素子を光ビームが通過することによって、球面収差補正され、実質的に対物レンズ 3 の開口率に変更されたものと同様の効果を生じる。したがって、図 9 に示す球面収差補正用の電極パターンを利用することによって、例えば CD と DVD という異なる基板厚 (CD では 1.2 mm、DVD では 0.6 mm) を持つ光ディスクの信号ピットを一つの対物レンズを用いて読取り及び書込みが行えるようになる。

#### 【0060】

図 10 に、図 1 及び 2 に示された液晶光学素子 50 の透明性対向電極 40 の代わりに、図 10 (a) に示す球面収差補正用の電極パターンを配置した液晶光学素子 70 を利用した光学装置を示す。図 1 と同じ構成には、同じ番号を付している。図 10 に示す光学装置では、図 9 (a) に示す球面収差補正用の電極パターンに、図 9 (b) に示す電圧の印加を制御することによって、記録媒体の種類が変更され (記録媒体 4 から 14 へ)、対物レンズ 3 からの焦点距離が変化しても、良好に読取り及び書込みを行うことが可能となる (光ビーム 15 から光ビーム 16 へ)。

#### 【0061】

図 11 (a) に、非点隔差補正用の電極パターンの一例を示す。図 11 (a) では、有効径 10 の範囲内を 4 つの領域に分割し、さらに各領域を 5 段階に分割した計 21 の電極パターン 71 ~ 90 が設けられている。各領域には、図 11 (b) 及び図 11 (c) に示すような電位差 28 及び 29 が印加されている。図 11 (a) に示すような電極パターンに図 11 (b) 及び図 11 (c) に示すような電位差が印加された液晶光学素子を光ビームが通過することによって、半導体レーザ光源 1 に起因する非点隔差が補正され、光学系の誤差に起因する非点収差成分も補正される。図 11 (a) に示す電極パターンは、図 9 (a) に示す球面収差補正用の電極パターンの代わりに、透明性対向電極 40 の位置に配置され得る。

#### 【0062】

**【発明の効果】**

このように、本発明に従った液晶光学素子及びそれを用いた光学装置では、トラッキングによって対物レンズが移動しても、良好に記録媒体の基板内に生じる波面収差を補正することが可能となった。

**【0063】**

また、本発明に従った液晶光学素子及びそれを用いた光学装置では、波面収差補正用の液晶光学素子に対物レンズと一体的に構成しなくても良いので、アクチュエータに負担をかけず、簡単な構成で良好な波面収差補正と良好なトラッキングを行うことが可能となった。

**【0064】**

さらに、液晶の一方の電極パターンを波面収差補正用とし、他方を球面収差補正用とすることによって、前述した記録媒体の面倒れ及び液晶光学素子の軸ずれ問題を解消した上に、さらに対物レンズからの焦点距離が異なる複数の種類の記録媒体を取扱うことが可能となった。

**【0065】**

さらに、液晶の一方の電極パターンを波面収差補正用とし、他方を非点隔差補正用とすることによって、半導体レーザ光源特有の非点隔差によるビーム形状の歪を補正とともに、光学系の誤差に起因する非点収差成分も補正することが可能となった。

**【図面の簡単な説明】****【図1】**

本発明に係わる光学装置の一例を示す概念図である。

**【図2】**

本発明に係わる液晶光学素子の断面図の一例を示す図である。

**【図3】**

(a) は本発明に係わる液晶光学素子の波面収差補正用の電極パターンの一例を示し、(b) は(a) に示す電極パターンに印加される電圧の一例を示し、(c) は補正された波面収差の一例を示す図である。

**【図4】**

(a) は本発明に係わる液晶光学素子の波面収差補正用の電極パターンの他の例を示し、(b) は(a) に示す電極パターンに印加される電圧の一例を示し、(c) は補正された波面収差の一例を示す図である。

【図 5】

従来の波面収差補正用の液晶光学素子の動作を例示するための図である。

【図 6】

本発明に係わる液晶光学素子の動作を例示するための図である。

【図 7】

本発明に係る液晶光学素子において、軸ずれが生じた場合に、波面収差が補正される具体例を説明するための図である。

【図 8】

従来の液晶光学素子において、軸ずれが生じた場合を説明するための図である。

【図 9】

(a) 球面収差補正用の電極パターンの一例を示し、(b) は(a) に印加される電圧の一例を示す図である。

【図 10】

本発明に係わる他の光学装置の一例を示す図である。

【図 11】

(a) 非点隔差補正用の電極パターンの一例を示し、(b) は(a) の x 軸に印加される電圧の一例を示し、(c) は(a) の y 軸に印加される電圧の一例を示す図である。

【図 12】

記録媒体の面倒れによる波面収差の発生を説明するための図である。

【図 13】

従来の波面収差補正用の液晶光学素子を有する光学装置の一例を示す図である。

【図 14】

(a) は従来の液晶光学素子の波面収差補正用の電極パターンの一例を示し、

(b) は (a) に示す電極パターンに印加される電圧の一例を示し、(c) は補正された波面収差の一例を示す図である。

【図 15】

従来の波面収差補正用の液晶光学素子を有する光学装置の他の例を示す図である。

【符号の説明】

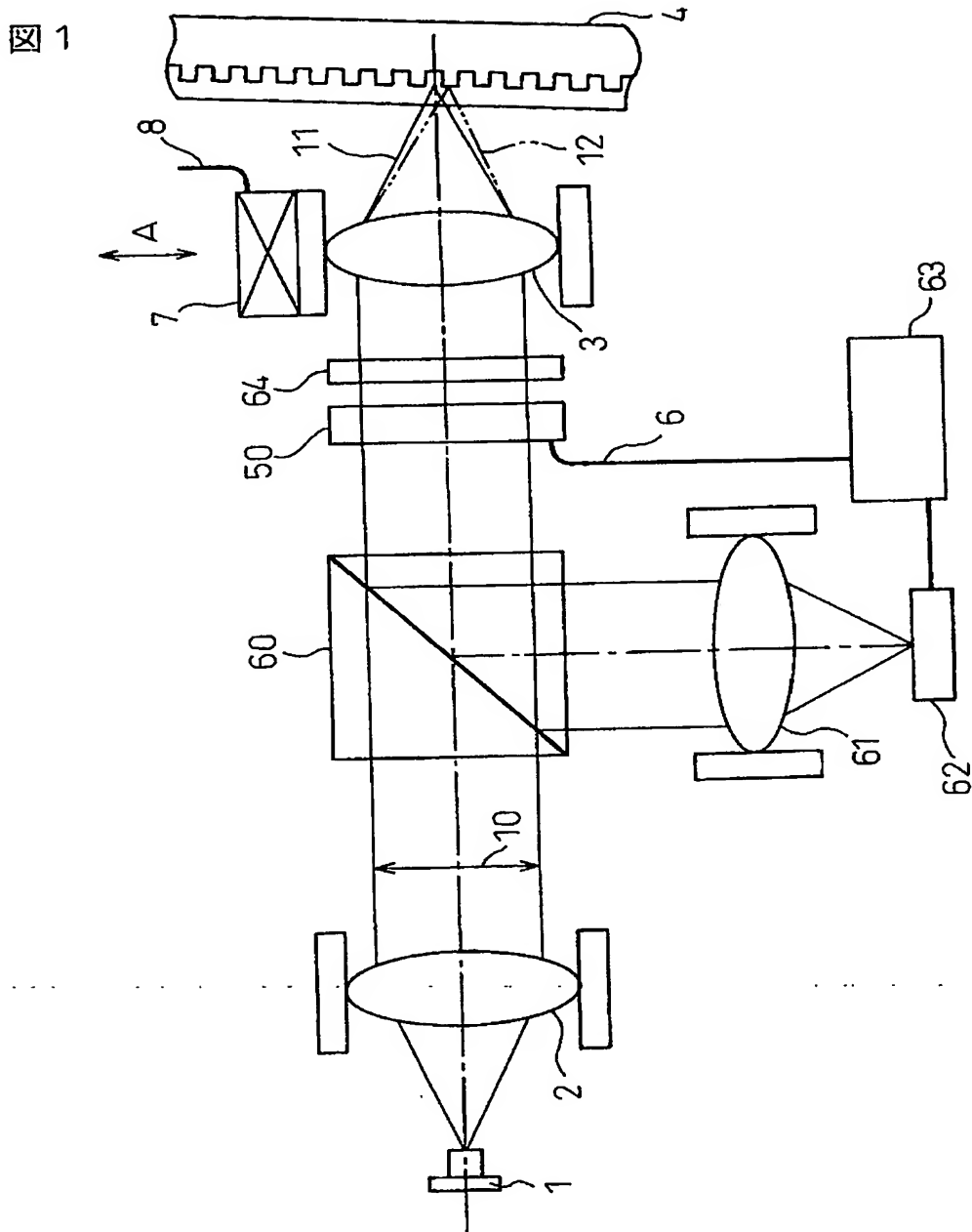
- 1…半導体レーザー光源
- 2…コリメータレンズ
- 3…対物レンズ
- 4、14…記録媒体
- 7…アクチュエータ
- 10…有効径
- 18…内側領域
- 30…透明電極
- 31…基準領域のための電極パターン
- 32、33…位相を進ませる領域のための電極パターン
- 34、35…位相を遅らせる領域のための電極パターン
- 40…透明性対向電極
- 50、70…本発明に係る液晶光学素子
- 61…集光レンズ
- 62…受光器 62
- 63…液晶光学素子制御回路



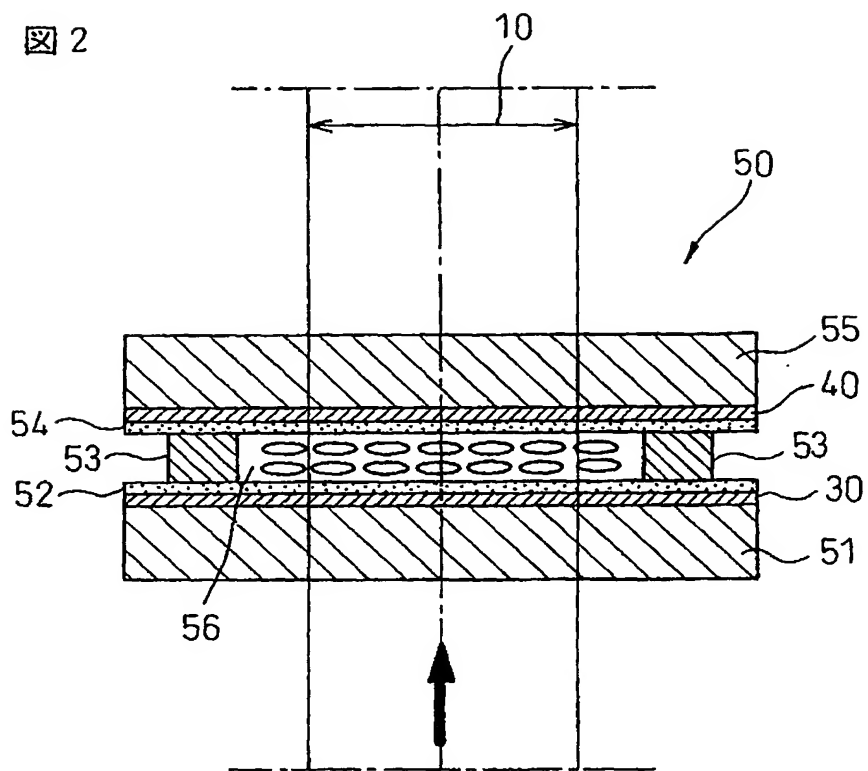
【書類名】

図面

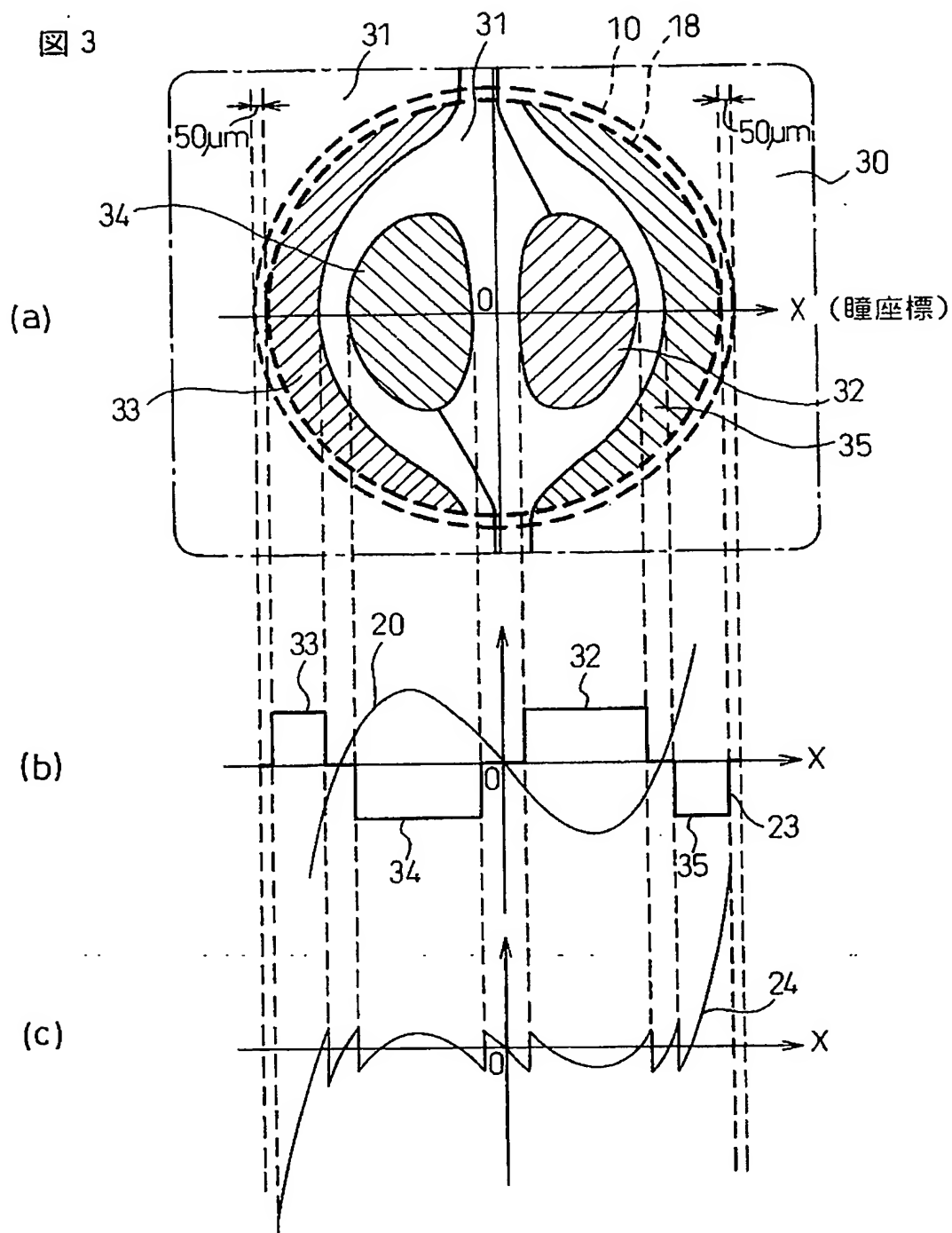
【図 1】



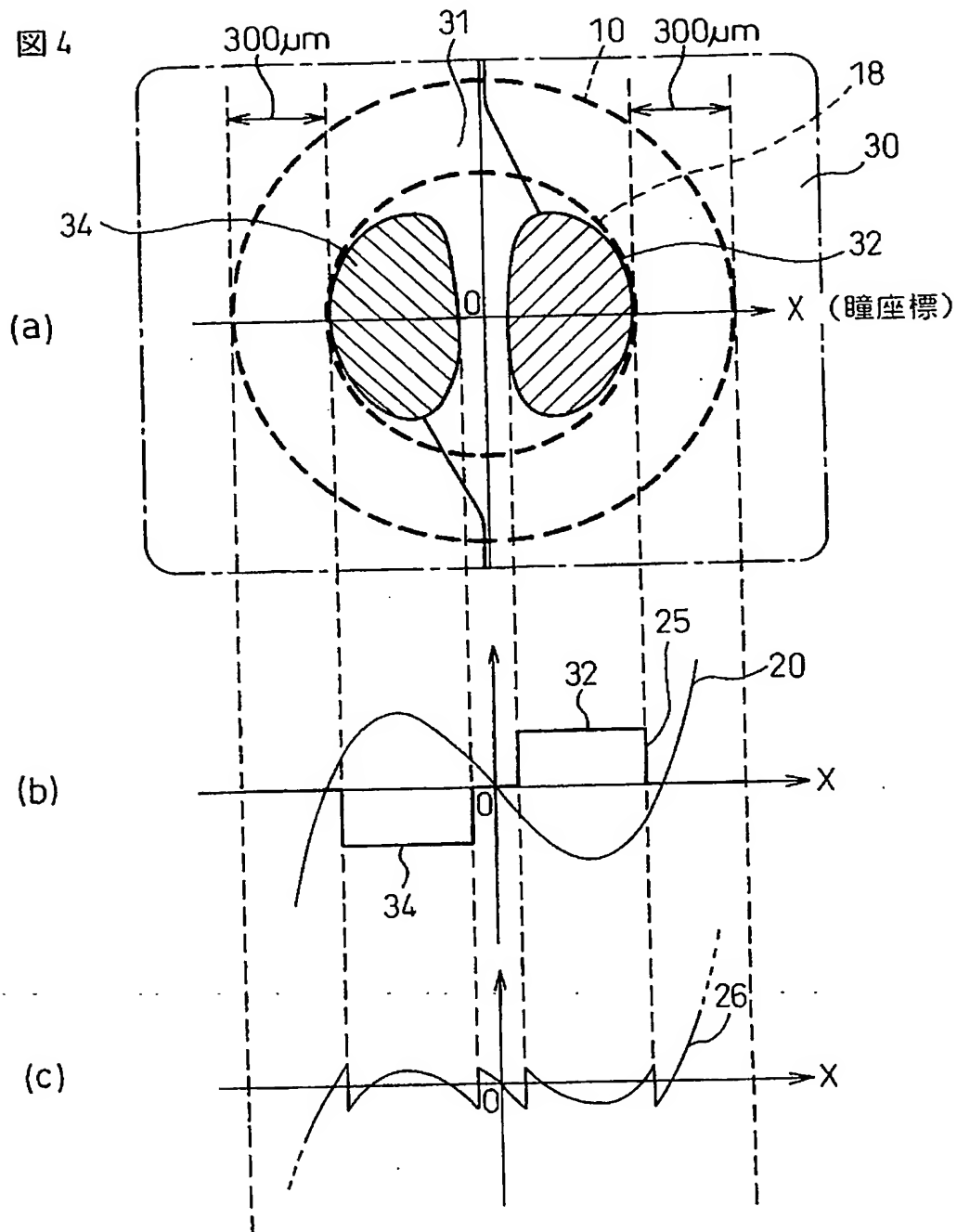
【図 2】



【図 3】

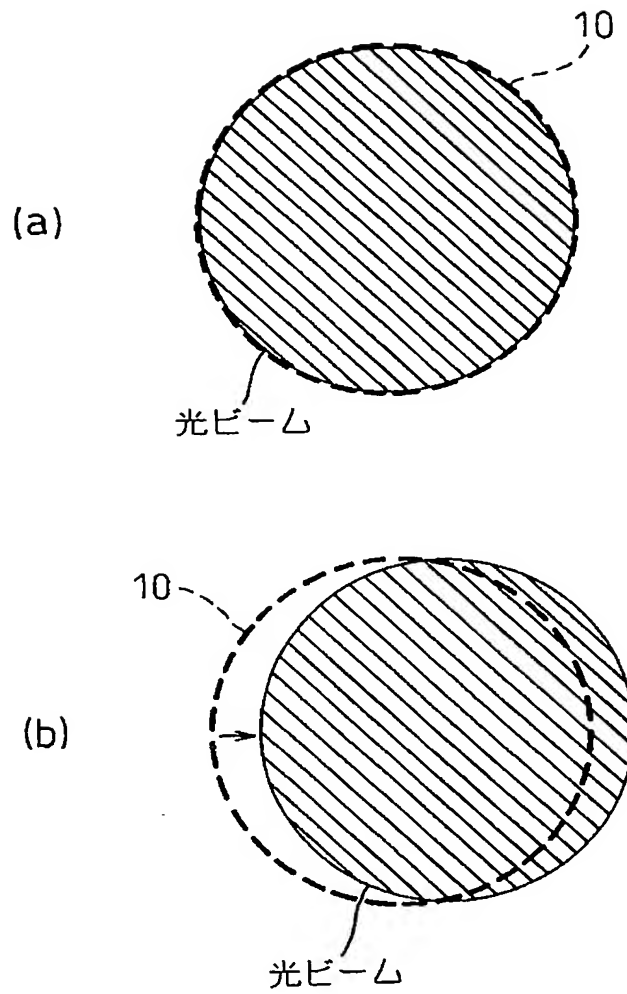


【図 4】

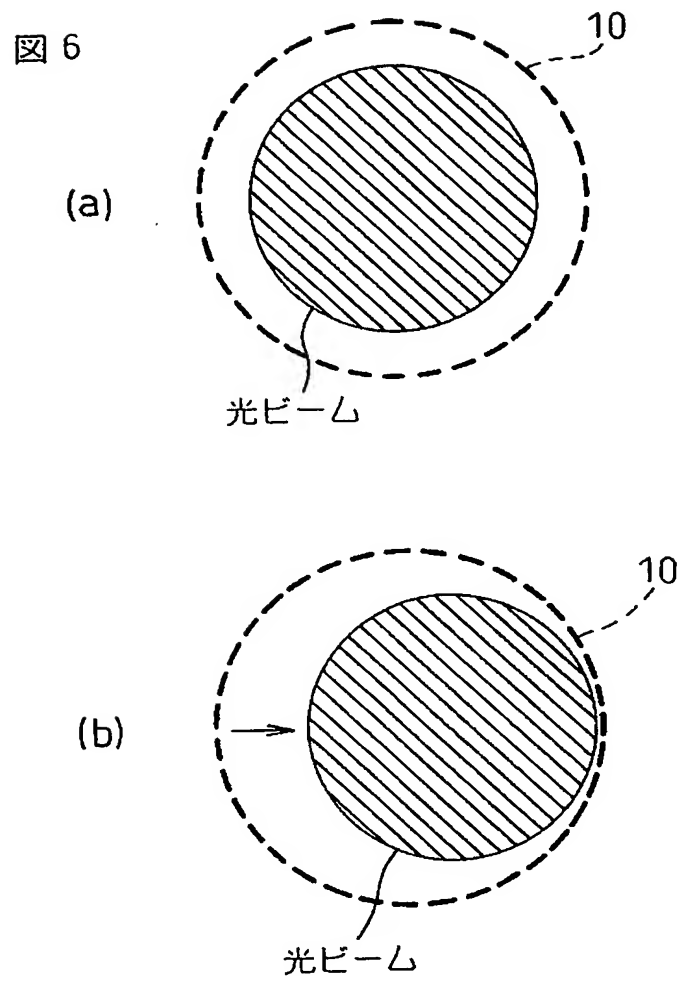


【図 5】

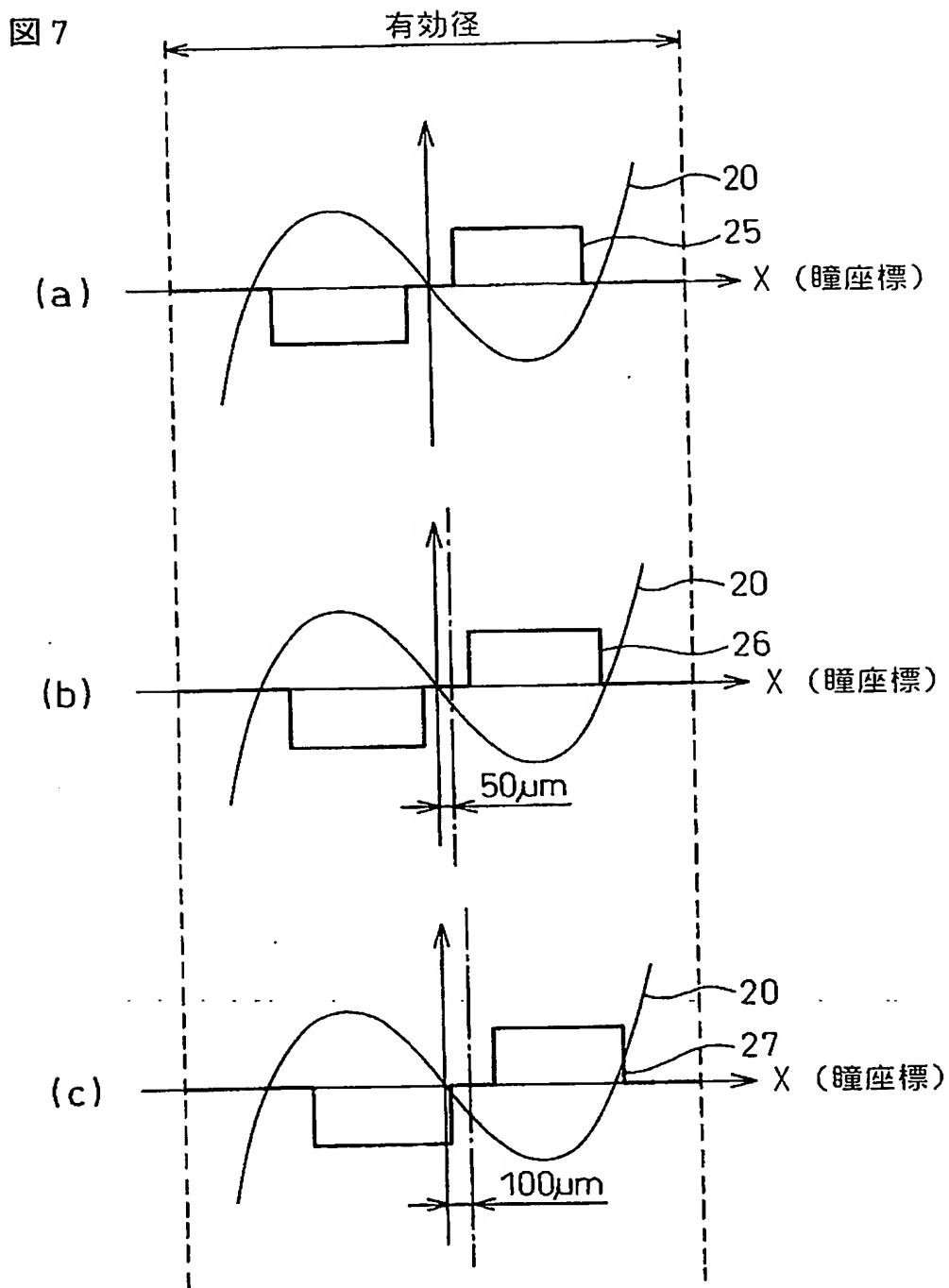
図 5



【図 6】

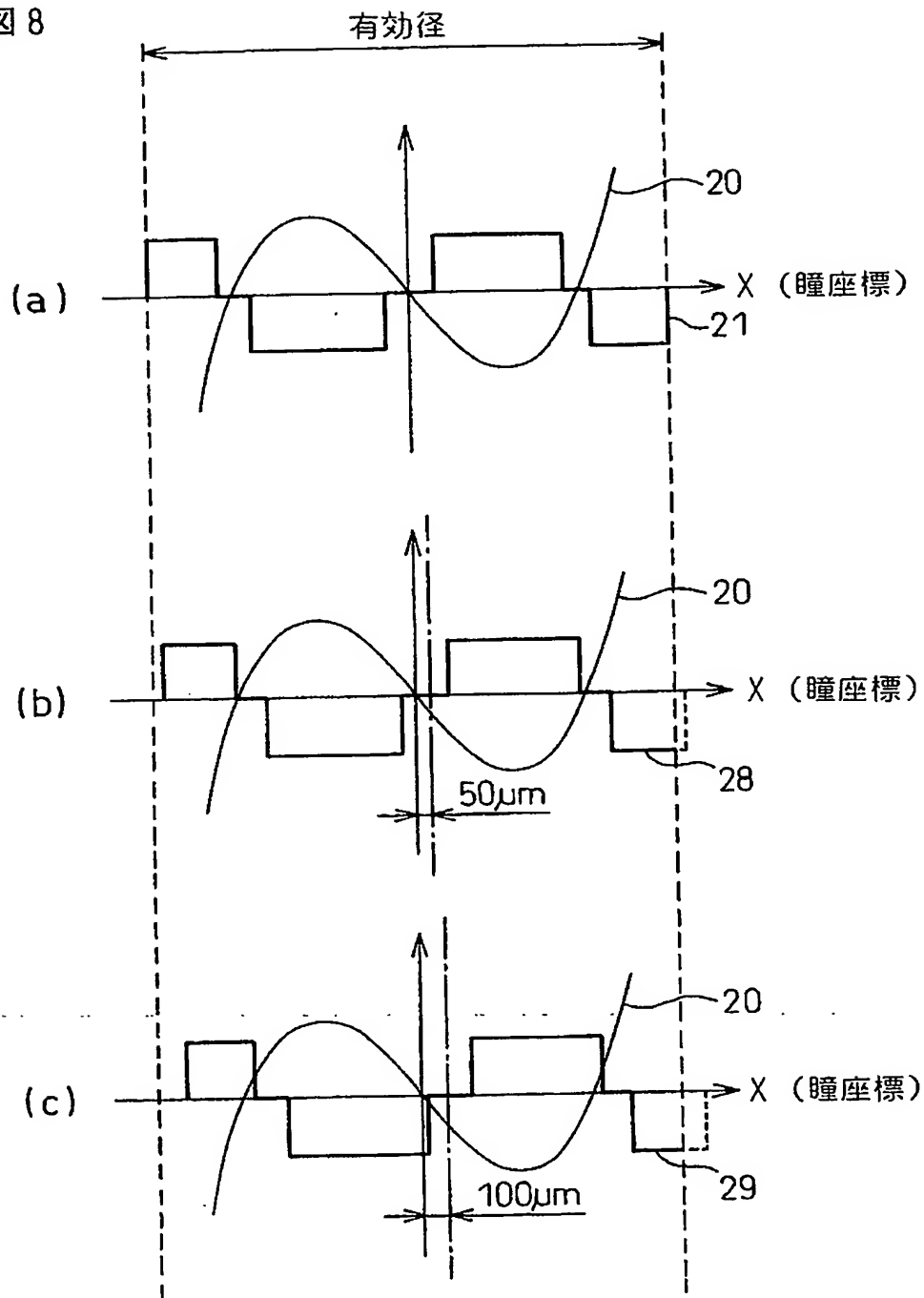


【図 7】



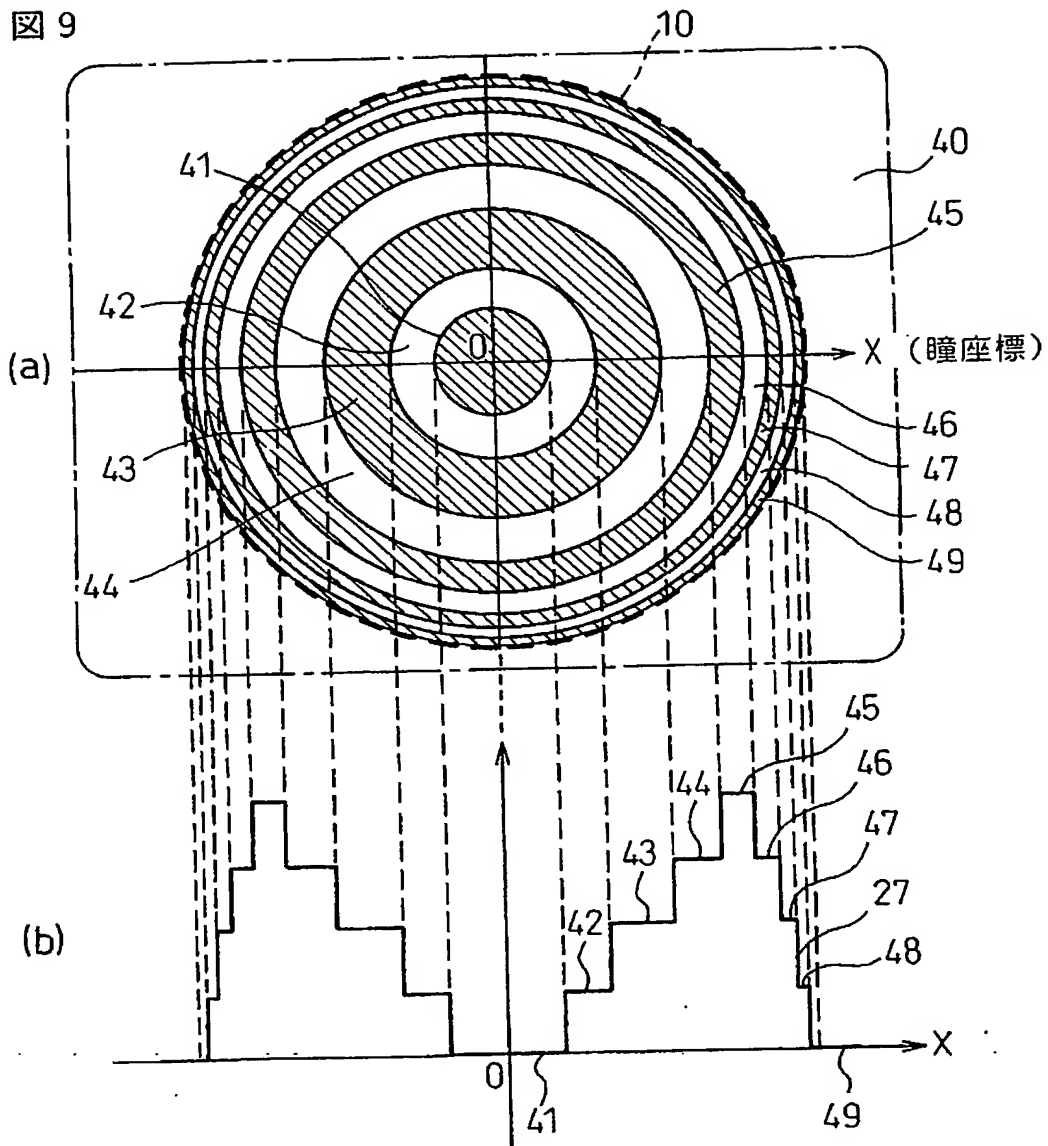
【図 8】

図 8

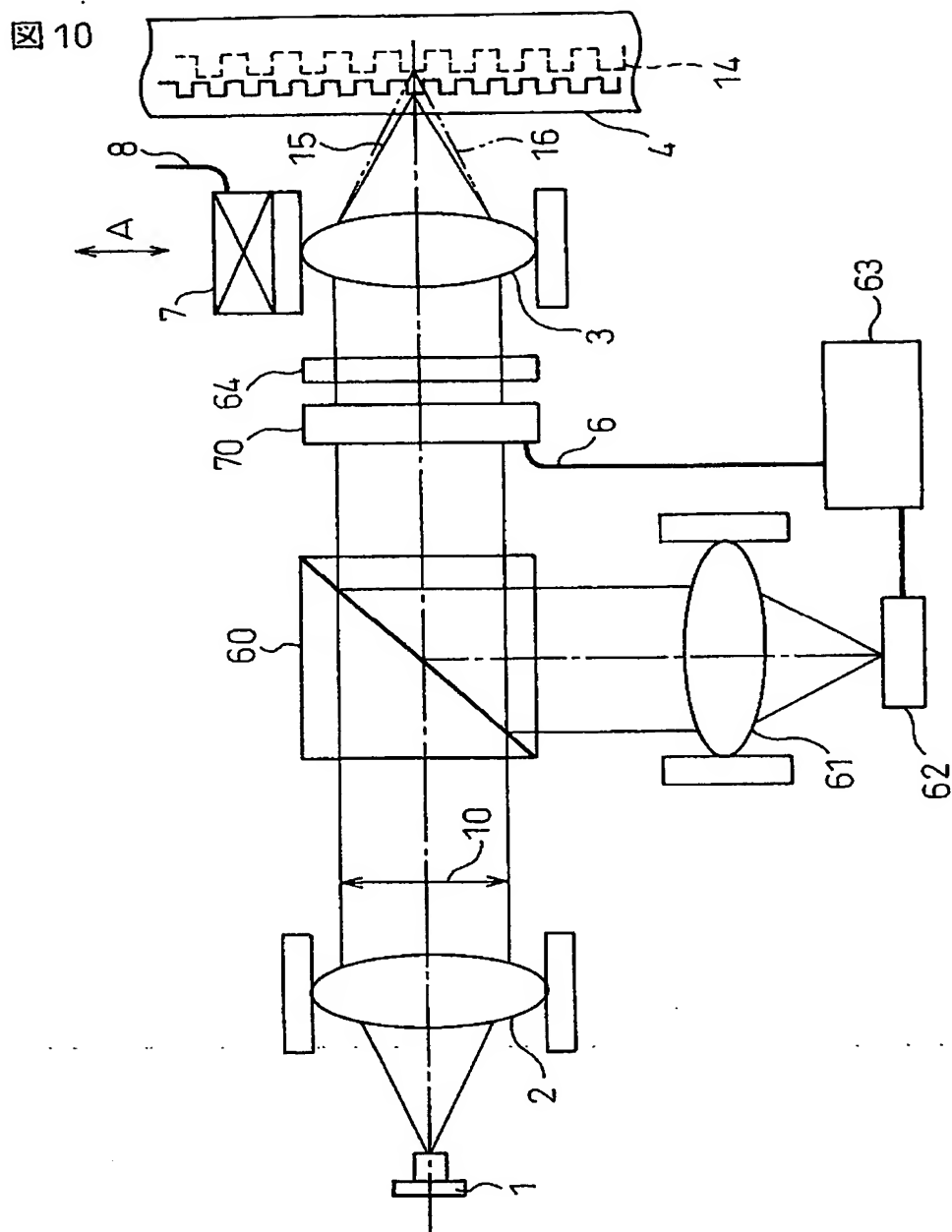




【図 9】

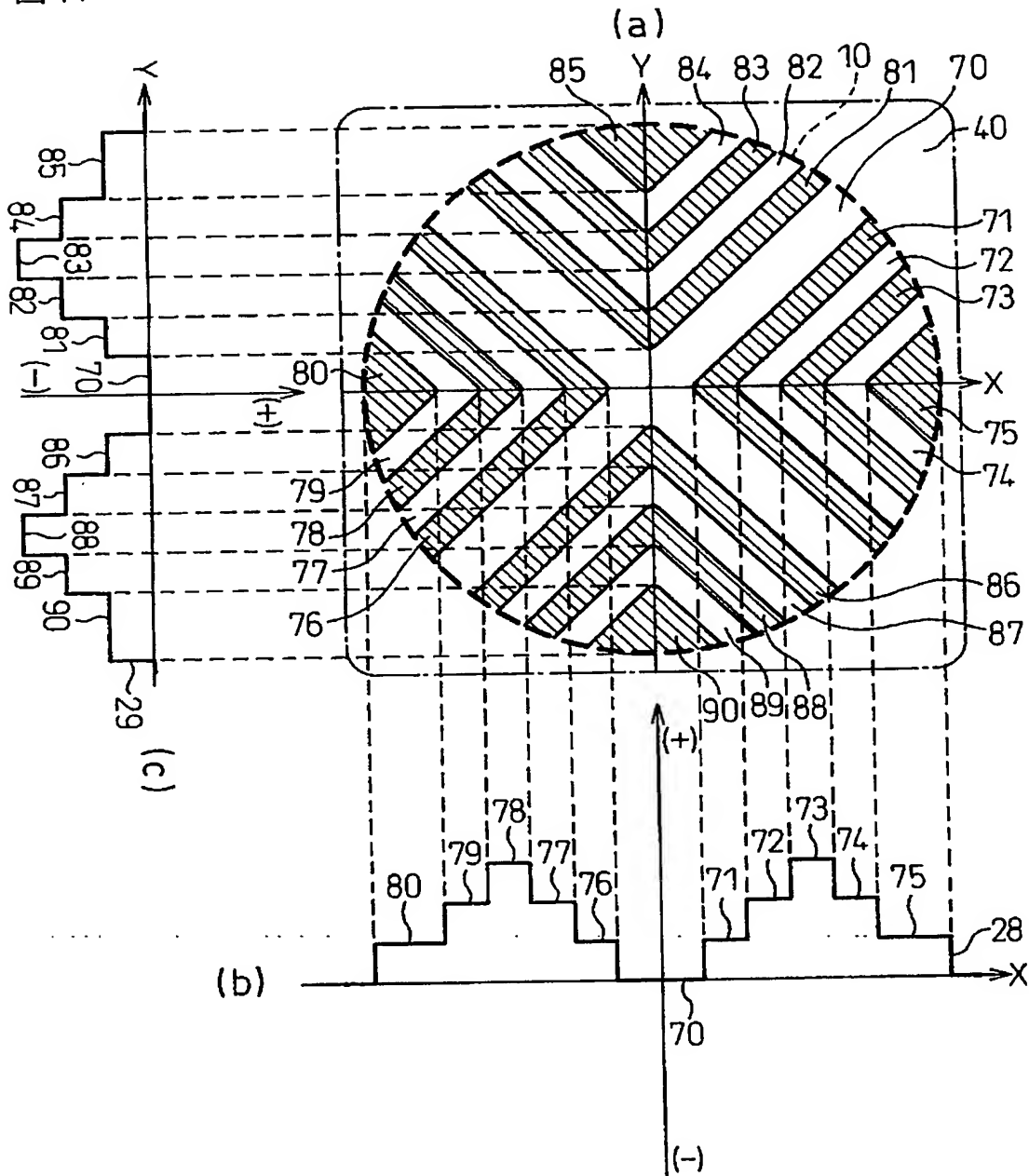


【図 10】



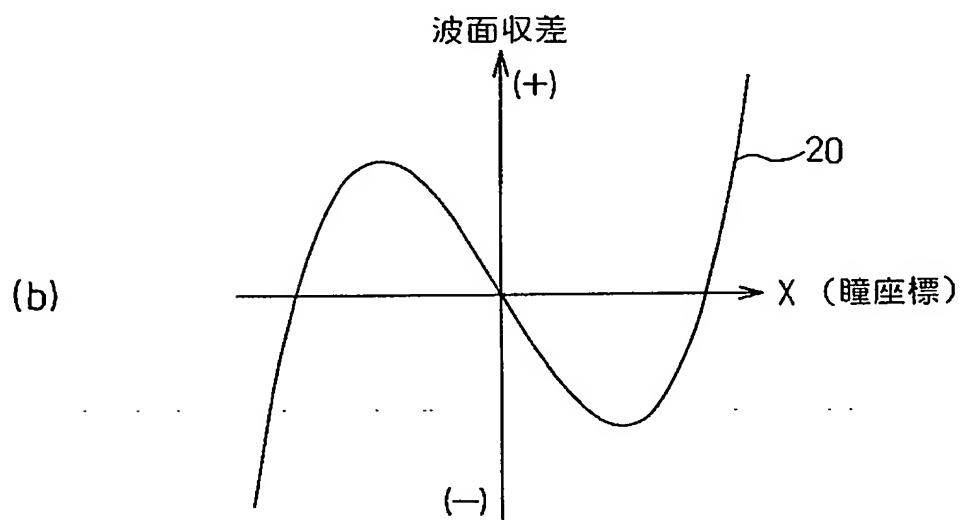
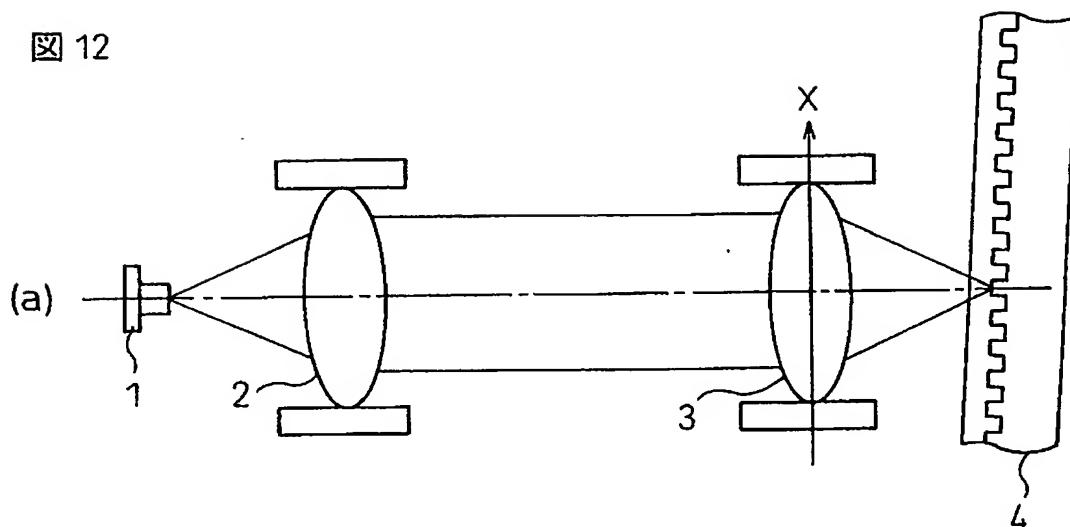
【図 11】

図 11



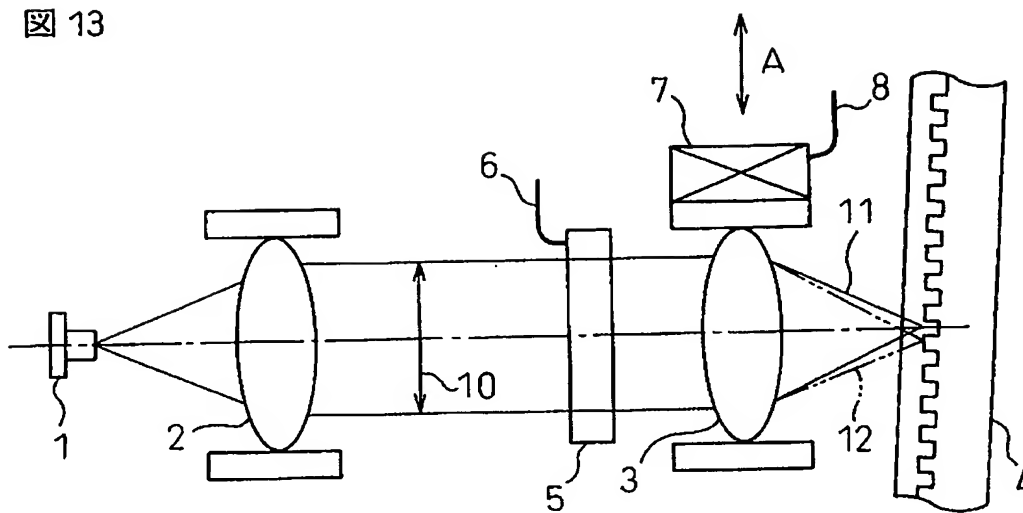
【図 12】

図 12

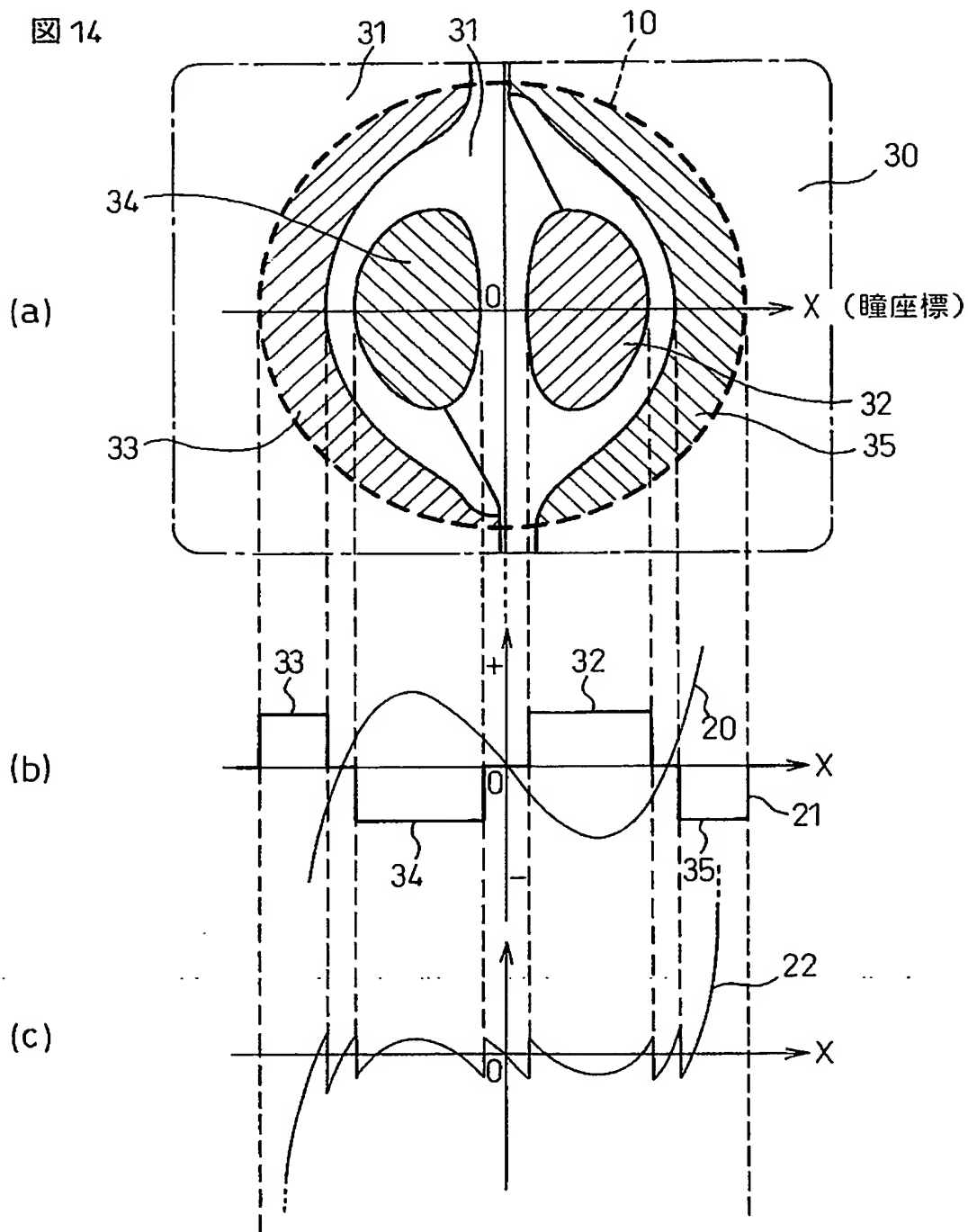


【図 13】

図 13

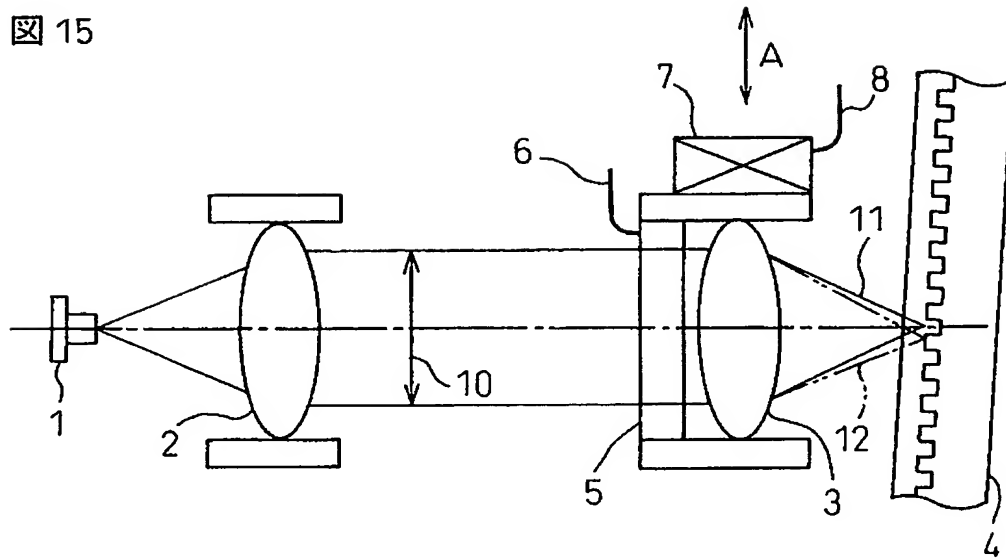


【図 14】



【図 15】

図 15



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 対物レンズと別体に設けることができる位相変調用の液晶光学素子及びそのような液晶光学素子を用いた光学装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明に係る液晶光学素子は、第1の透明基板と、第2の透明基板と、第1及び第2の透明基板の間に封入された液晶と、第1又は第2の透明基板の一方の表面に形成された波面収差補正用の電極であって入射光ビームの位相を進ませるための第1の領域及び入射光ビームの位相を遅らせるための第2の領域を有し、電極における第1及び第2の領域が入射光ビームの有効径の内側領域にのみ配置されていることを特徴とする。また、本発明に係る光学装置は、光源、対物レンズ及び前述した液晶光学素子を有することを特徴とする。

【選択図】 図4



特願 2 0 0 2 - 3 2 5 7 8 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 1 9 6 0 ]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 3 月 1 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都西東京市田無町六丁目 1 番 1 2 号

氏 名

シチズン時計株式会社